社団法人
日本配電制御システム工業会
第13回　指定講習会

－JEM-TR174　高圧交流遮断器の保守･点検指針－

一般社団法人 日本電機工業会
高圧遮断器技術専門委員会

東京（気田勝己）
高松（大澤雪雄）
北九州（古畑高明）
札幌（藪　雅人）
名古屋（丸山稔正）

目次

遮断器の変遷

国内遮断器の機種の変遷

	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
油遮断器							
空気遮断器							
ガス遮断器							
磁気遮断器							
真空遮断器							

高電圧化
～84 kV

遮断器の故障【1】

箇所別障害件数ーガス遮断器

N＝588

箇所	障害件数（件）
操作機構部	286
遮断部	95
制御回路	50
ガス配管	29
付属装置	21
計器類	14
シール部	10
碍管	6
その他	24
不明	23

遮断器の故障【2】

様相別障害件数－ガス遮断器

N＝588

様相	障害件数（件）
誤・不動作	172
シール不良	143
（再）投入不良	60
接触不良	34
変形	19
過熱・損傷	17
絶縁低下	15
断線・断芯	14
その他	50
不明	34

遮断器の故障【3】

箇所別障害件数－真空遮断器

遮断器の故障【4】

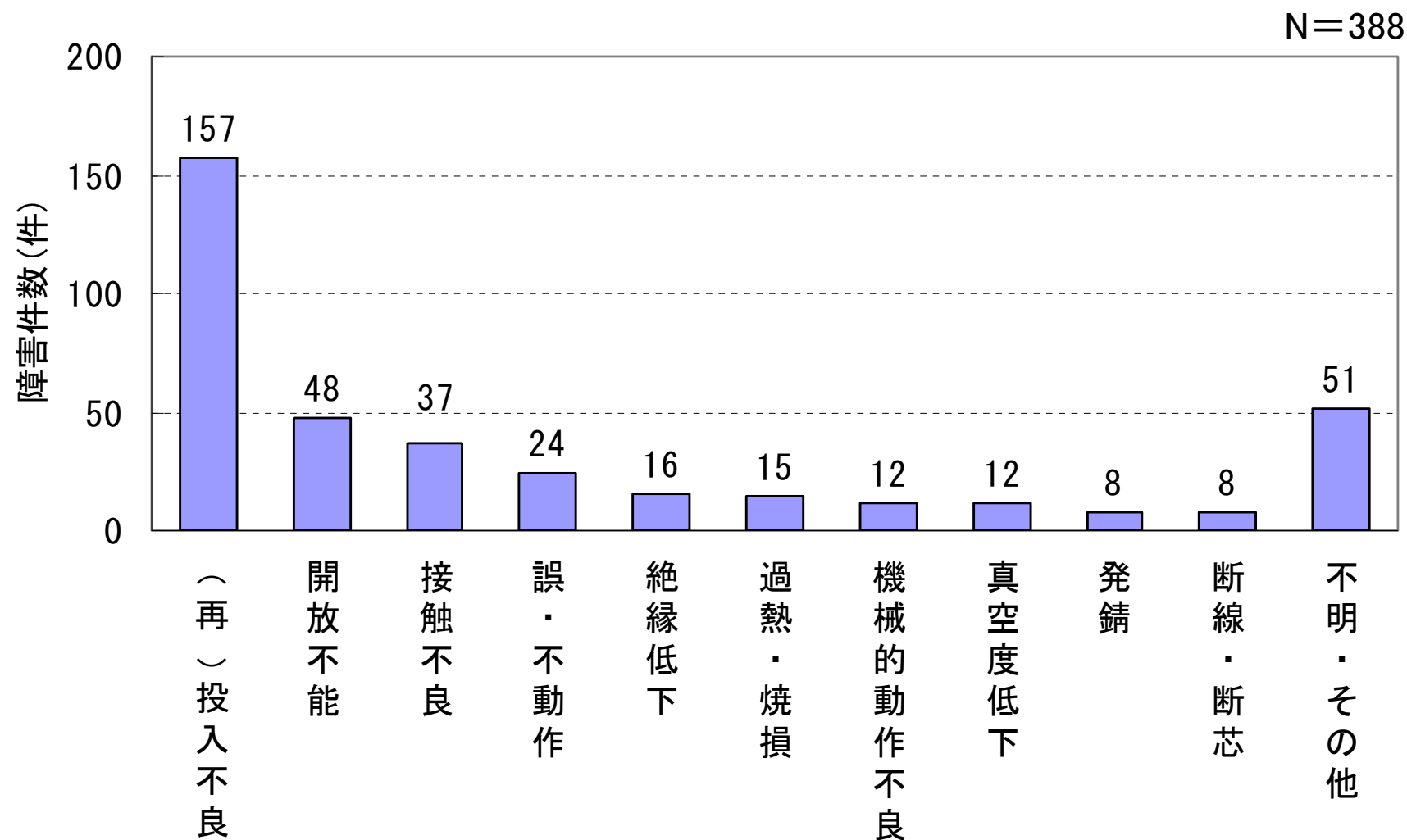
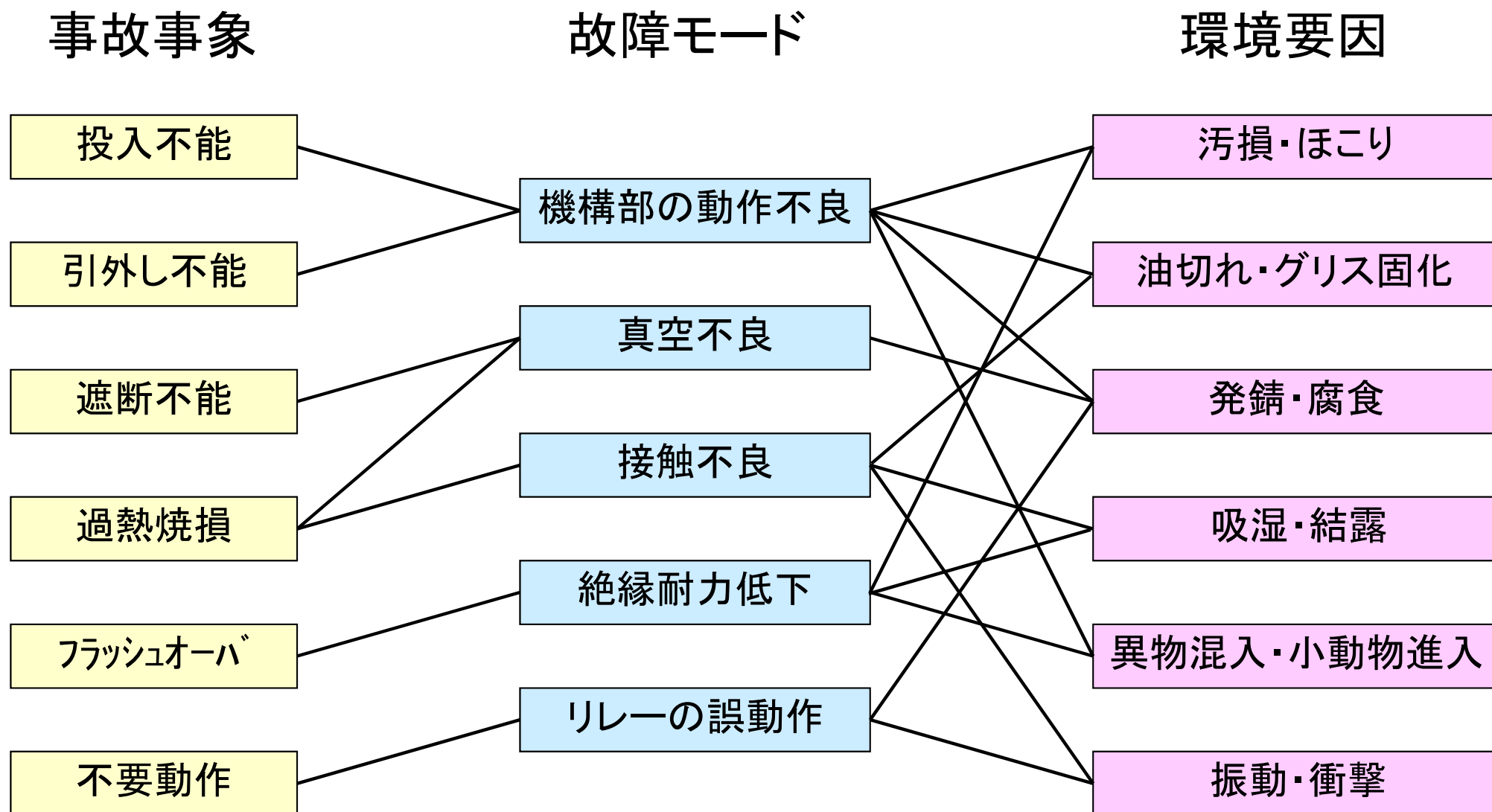
様相別障害件数－真空遮断器

N＝388

様相	障害件数(件)
（再）投入不良	157
開放不能	48
接触不良	37
誤・不動作	24
絶縁低下	16
過熱・焼損	15
機械的動作不良	12
真空度低下	12
発錆	8
断線・断芯	8
不明・その他	51

遮断器の故障【5】

環境要因から見た事故例

事故事象	故障モード	環境要因
投入不能	機構部の動作不良	汚損・ほこり
引外し不能	真空不良	油切れ・グリス固化
遮断不能	接触不良	発錆・腐食
過熱焼損	絶縁耐力低下	吸湿・結露
ﾌﾗｯｼｭｵｰﾊﾞ	リレーの誤動作	異物混入・小動物進入
不要動作		振動・衝撃

遮断器の故障【6】

遮断器の劣化パターン

機能	部　位	要　因	進展パターン	最終障害の様相
絶縁	絶縁支持部（絶縁フレーム）	環境 ・塵埃 ・湿度 ・ガス	塵埃の付着（ガス性分の付着）／結露（湿度）→ 吸湿 → 絶縁性能の低下 → 部分放電の発生（トラッキングの発生）→ 沿面閃絡	→ 主回路短絡 → 盤内火災発生
	操作ロッド（絶縁ロッド）	開閉操作	開閉操作の繰り返し → ストレスの蓄積（疲労）→ 強度の低下 → 破損	→ 操作不能 → 上位遮断器で開放
通電	接触部（断路部） 接続部（導体）	環境 ・熱 ・ガス ・塵埃 ・湿度 ・振動 開閉操作	グリースの劣化（基油の減少／酸化）→ 残滓の残留（酸化物の生成）→ 接触抵抗の増加（接触部金属の酸化/硫化 →、接続部の緩み →）→ 過熱 → 接触部溶損 → 発弧の継続（→ 沿面閃絡）／溶着 過熱 → 圧接ばね劣化 → 接触圧喪失 → 発弧 → 接触部溶損	溶着 → 引出し操作不能 → 上位遮断器で開放

遮断器の故障【7】

遮断器の劣化パターン

機能	部 位	要 因	進展パターン	最終障害の様相
遮断	遮断部 ・接点 ・容器	環境 ・塵埃 ・温度 ・ガス ・熱 ・振動 開閉操作	接点の消耗 → 不安定接触（・接点の荒損 ・接触圧力不足） → 接触抵抗増加 → 過熱 → 接点溶融 / 接点溶着 可動部シールの劣化（ベローズ/パッキン） → 真空（ガス）漏れ → 遮断能力喪失 → 容器の腐食 → 可動部シールの劣化	接点溶融 → 遮断部破裂 → 盤内火災発生 接点溶着 → 開路操作不能 → 上位遮断器で開放 遮断能力喪失 → 遮断不能 → 盤内火災発生

遮断器の故障【8】

遮断器の劣化パターン

機能	部　位	要　因	進展パターン	最終障害の様相
操作	機構部	環境 ・塵埃 ・温度 ・熱 ・ガス ・振動 開閉操作	開閉動作の繰り返し → 磨耗 → 寸法の変化 → グリースの劣化 → 潤滑性能の低下 → 固渋 → 発錆・腐食 →（潤滑性能の低下） 結合部の緩み →（寸法の変化）	→ 動作不良　投入；停電時間の延引 開放；上位遮断器で 開放
	制御回路		吸湿・腐食 （コイル、端子台） → 断線 → 絶縁性能の低下 → 地絡 絶縁性皮膜の生成 （接点） → 動通不良	→動作不能 → →制御不能 → 投入；停電時間の延引 開放；上位遮断器で 開放 →情報の誤送信

遮断器の故障【9】

真空遮断器の保守・点検

△ 巡視点検　○普通点検　●細密点検

外観全般

△ 異常音、異臭、変色
△ ほこりの付着、結露、雨水浸入
△ 引出形の場合、接続位置までの挿入確認
○ ボルト、ナットの緩み、割ピンの破損、脱落
○ 絶縁物のクラック、破損
○ 主回路端子(断路部)のかじり、変形、変色
○ ばね類の発錆、変形

開閉表示部

△ 開閉表示器の表示状態
△ 動作回数計の回数確認
○ 開閉表示器、動作回数計の動き

断路部

○ 主回路断路部の異常過熱による変色、アークの痕跡
○ 主回路断路部のグリースアップ

操　作

○ 手動操作での動作確認
○ 電気操作での動作確認

遮断部

○ 接点の消耗量測定
○ ストローク(ギャップ)の測定
○ 真空バルブ表面の汚損、クラック

操作機構部

○ リンク機構の発錆
○ リンク機構への注油
○ 投入プランジャの動作
○ 投入コイルの変色、異臭
○ 引きはずしプランジャの動作
○ 引きはずしコイルの変色、異臭
● 補助開閉器の接触状態

制御回路

△ 接触プラグの挿入具合
△ 操作、制御用部品の焼損、異臭
△ 操作、制御電圧の確認
○ 制御回路接続部の緩み、損傷

試　験

○ 主回路、制御回路の絶縁抵抗測定
● 真空度チェック
● 最低引きはずし、投入電圧の測定
● 開閉特性

設置環境(普通の使用状態)

項　目	状　態
設置場所	屋内単独設置又は屋内盤及び屋外盤に収納。
周囲温度	−5℃～+40℃ 24時間の平均値が+35℃を超えない。
湿　度	相対湿度:45～85% 結露しない。
汚 損 度	汚損がない。 (なお、目安として等価塩分付着密度0.01mg/cm^{2}未満)
有害ガスなど	腐食性ガスがない。
粉じん	過度の粉じんがない。 (なお、目安として2mg/m^{3}以下)
標　高	1000m以下

使用条件(普通の使用条件)

項　　目	条　　件
電　　圧	定格電圧以下
電　　流	定格電流以下 なお、短時間過負荷使用については、製造業者の資料による。
周　波　数	定格周波数の±10%以内
外部サージ	有害な異常電圧にさらされない。
操作制御電圧	規格に規定された操作・制御電圧の変動範囲内[a] なお、機械的寿命は定格操作・定格制御電圧における値である。

注[a]　この値は、短時間の性能は有しているが、連続で長期保証するものではない。

保守・点検の分類

<table>
<tr><th colspan="2">点検の分類</th><th>説　明</th><th>遮断器の状態</th><th>点検周期</th></tr>
<tr><td colspan="2">巡視点検</td><td>日常巡視によって外部から点検する。</td><td>日常運転の状態のまま行なう。</td><td>日常</td></tr>
<tr><td colspan="2">初回点検</td><td>初期故障の早期発見及び環境並びに初期条件の相違による点検周期及び内容の目安を定め、以降の保守・点検を適切に実施することを目的とする。初回の普通点検を早めて行なうものである。</td><td>運転を止めて行う。</td><td>据付後
1～3年</td></tr>
<tr><td rowspan="2">定期点検</td><td>普通点検</td><td>遮断器の性能確認及び維持を目的として行なうもので、細部の分解は行わず、主として外部から点検する。</td><td>運転を止めて行う。</td><td>3年又は点検規定開閉回数注)</td></tr>
<tr><td>細密点検</td><td>遮断器機能の確認及び回復を目的として行うもので、必要に応じて分解点検手入れ及び部品交換を行う。</td><td>運転を止めて行う。</td><td>6年又は点検規定開閉回数注)</td></tr>
<tr><td colspan="2">臨時点検</td><td>次のような状態に該当するときは、必要な箇所を臨時に点検する。
― 定格遮断電流に近い電流を点検規定回数遮断した場合。注)
― 進み又は遅れ電流(コンデンサ又はリアクトルなどの開閉による進み又は遅れ電流遮断)を点検規定回数開閉した場合。注)
― 巡視点検で異常を発見した場合。
― 定格条件を大きくはずれて操作した場合、その他無理な用い方をした場合。
― 類似の他器に故障が発見され同種故障のおそれがある場合。</td><td>運転を止めて行う。</td><td>随時</td></tr>
<tr><td colspan="5">注）製造業者のカタログや取扱説明書で公表されている点検周期・回数。</td></tr>
</table>

保守点検サイクル

点検の種類と点検周期及び制約事項

点検の種類		点　検　周　期	制　約　条　件				
			扉　開	カバー類取り外し	回路停電	母線停電	遮断器引出し
巡視点検		毎日	－	－	－	－	－
		1回／月	○	－	－	－	－
定期点検	普　通	1回／3年	○	○	○	○	○
	細　密	1回／6年	○	○	○	○	○
臨時点検		随時	○	○	○	○	○

保守点検の注意点

■ 保守・点検に際しては，次の点に留意して実施する。

・運転状態で外見的な点検を行うときは、危険範囲内に近寄らない。

・運転を止めて点検を行う場合には、遮断器が“切”の状態であっても必ず遮断器の主回路及び制御回路を断路して検電器で無電圧であることを確認し、接地してから行う。

・操作機構及び可動部の点検に際し、電動ばね操作方式では遮断器を操作し、ばねを“放勢”にしてから点検を行う。

・点検チェックシートを作成する。また、開閉特性試験を行う場合には、あらかじめ試験方法、前回記録、許容値などを確認しておく。

・異常が発見された場合、分解及び交換が必要な場合の処置を取扱説明書などによって明確にしておく。

保守点検の注意点

キュービクルの一般的な形式として屋内型と屋外型がありますが、その設置場所、周囲環境、使用状態等により内部機器の保守点検周期および保守内容が異なります。

特に屋外型の場合は、キュービクルの構造、設置場所、周囲環境等により

① 内部温度上昇
② 塵埃の進入
③ 結露の発生状況

等が異なりますので、それぞれの現地の実態に応じた保守点検と対応が必要になります。

キュービクル内機器の一般的保守点検ポイント【1】

キュービクル内機器は、一般的には各機器に添付されている取扱説明書に従って保守点検を実施して頂ければ、長期間問題なく使用できるように設計されております。

通常実施して頂く保守点検内容は次の5項目です。

1. 真空バルブの保守管理(真空遮断器)
2. 絶縁構成物の保守管理
3. 操作機構部の保守管理
4. 導体接続部
5. 異臭・異音・異温の確認

キュービクル内機器の一般的保守点検ポイント【2】

1. 真空バルブの保守管理(真空遮断器)

真空遮断器(VCB)は真空バルブ内の高真空度を利用して遮断性能・絶縁性能が確保されていますので、定期的に真空度の良否確認が必要です。

細密点検時にチェックを推奨致します。

2. 絶縁構成物の保守管理

高圧機器の絶縁材料は有機絶縁物で構成されているものが多く、湿気や塵埃が付着すると絶縁耐力低下の原因になります。従いまして、普通点検時に絶縁物表面の清掃と絶縁抵抗測定による保守管理は必要です。

なお一般的に絶縁抵抗値が30MΩ未満の時は、オーバーホールもしくは新品への交換を推奨致します。

キュービクル内機器の一般的保守点検ポイント【4】

３．操作機構部の保守管理

電気共同研究、第56巻　第2号に記載の遮断器の障害箇所比率では、操作機構部が50％以上を占めており、操作機構部の動作不具合が多いとされています。

高圧回路に使用されている遮断器は、一般的に長期間、投入状態または、開放状態のままとなる希頻度使用が多く、機構部にとっては悪条件となっています。

従いまして、普通点検時には清掃と指定箇所への注油を行いスムーズに動作することの確認が必要です。

４. 導体接続部

主回路機器を接続している締付けねじが緩むと、その箇所の接触抵抗が増大して過熱焼損に至ります。

定期点検時には増し締め等による接続状態の確認が必要です。

キュービクル内機器の一般的保守点検ポイント【6】

５. 異臭・異音・異温の確認

異臭・異音・異温は不具合に至る兆候の現れです。

定期的な巡視点検で、早期に異常を発見することが事故を未然に防ぐポイントとなります。

キュービクル内機器の一般的保守点検ポイント【7】

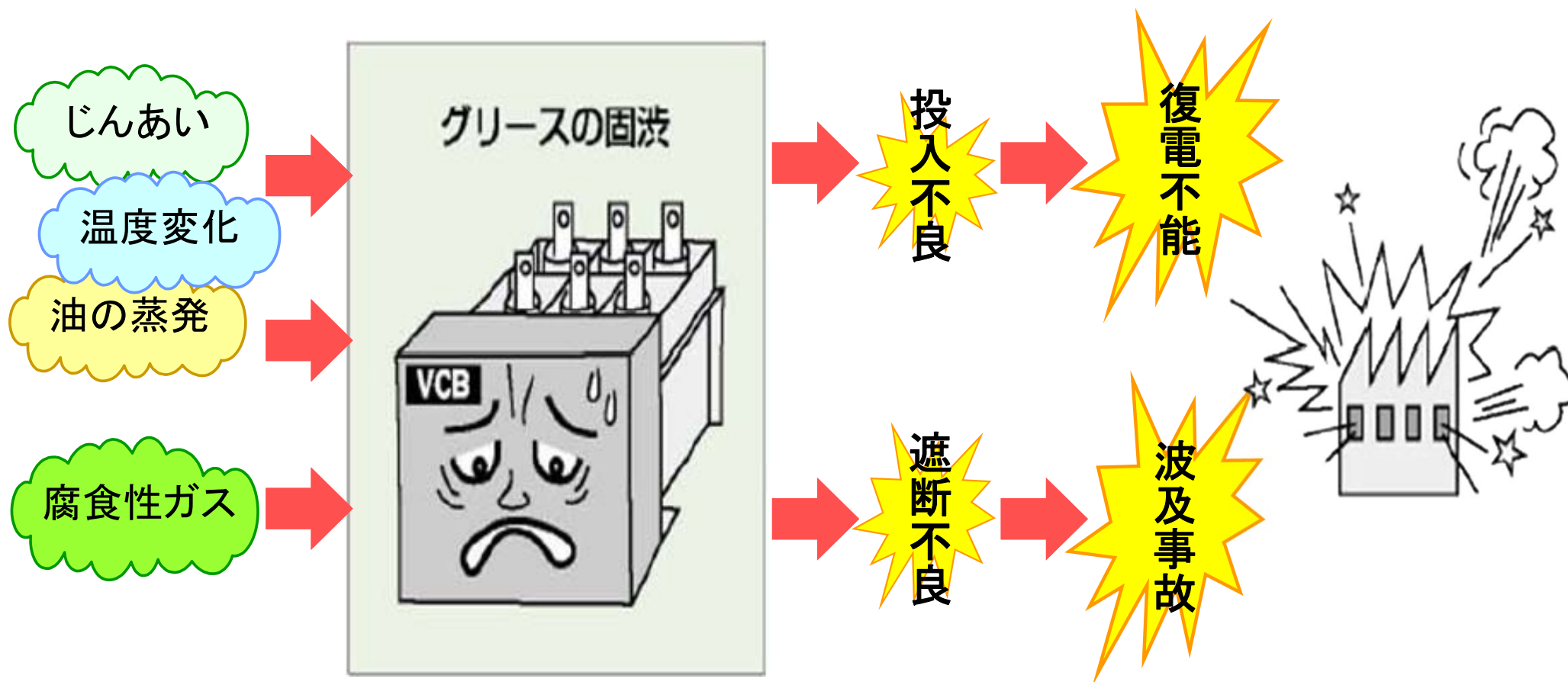
屋外キュービクル内機器保全の留意点

環境条件	具体的要因事例	遮断器に与える影響	キュービクルの対策事例
汚　損	・塵埃 砂塵・粉塵・鉄粉 昆虫糞など ・小動物 昆虫・鼠・猫・蛇・ヤモリなど ・塩風	絶縁耐力の低下 機構の動作不具合 グリ－スの劣化促進 錆の発生	・通風口面積の縮小 ・フィルタの設置
高　温	・夏場の炎天下	絶縁物の強度低下 絶縁物の変形	・換気扇の設置 ・天井の二重構造 ・日陰部に設置
高 湿 度	・雨水及び雪の浸入 梅雨期・台風・雪 ・クーリングタワー近傍 ・結露 高温～低温	絶縁耐力の低下 グリ－スの劣化促進 機構の動作不具合 錆の発生	・スペースヒータの設置 ・換気扇の設置 ・ケーブルピット内に浸水しない構造
腐食性ガス	・化学工場 ・温泉地 HCl、SO_2 NO_x、H_2S NH_3、Cl_2 O_3など	絶縁耐力の低下 グリ－スの劣化促進 機構の動作不具合 錆の発生	・腐食性ガスに晒される場合は、防ガスに配慮した構造

高圧真空遮断器の注油の必要性【1】

グリースの固渋による問題点

じんあい
温度変化
油の蒸発
腐食性ガス

グリースの固渋
VCB

投入不良
復電不能
遮断不良
波及事故

高圧真空遮断器の注油の必要性【2】

点検と注油の必要性について

高圧遮断器において、グリースの劣化が原因で引き起こされる問題は、グリースの固化、固渋が原因で起こる高圧真空遮断器の動作特性の劣化や、遮断不良、投入不良などです。

多頻度開閉の高圧真空遮断器の場合は、事故電流遮断時しか動作しないような希頻度開閉の場合と同様、特に注意が必要です。

定期的な点検と注油の実施は、こうした不具合を未然に防止し、高圧真空遮断器本来の性能を維持するために必要です。

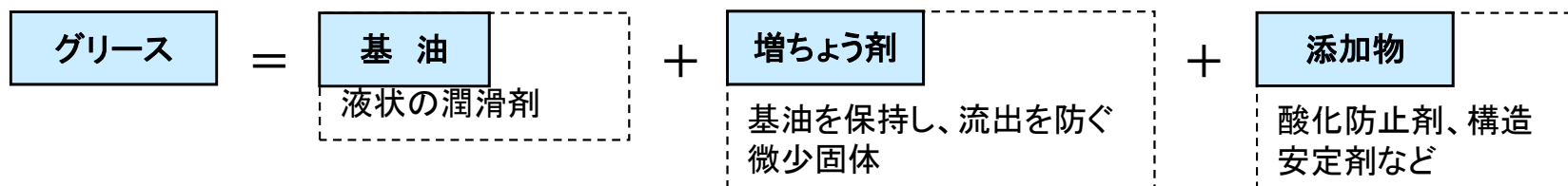
高圧真空遮断器の注油の必要性【3】

グリースの概要

★ グリースの役割

高圧真空遮断器の操作機構の円滑な動作を助け、長期間にわたり高圧真空遮断器本来の性能を維持させるものです。

★ グリースとは

グリース ＝ 基　油（液状の潤滑剤）＋ 増ちょう剤（基油を保持し、流出を防ぐ微少固体）＋ 添加物（酸化防止剤、構造安定剤など）

★ グリースの劣化

グリースの固化、固渋は一般的に使用環境の温度や機械運動による局部発熱によって、基油が減少することによって進みます。

また、物理的な外力がグリースに加わることによって、増ちょう剤の網目構造が破壊し、基油を保持する能力が低下し、基油が流れだして、結果的にグリースの蒸発減少による固渋を引き起こします。

このほか、劣化要因としては、雰囲気中の腐食性ガスや環境紫外線及びじんあいや砂埃の付着などがあります。

これら劣化要因は、複雑に関係しており、グリースの潤滑性能が低下してくると、機械的運動による局部発熱量が増加し、また、砂埃の付着や摺動部での摩耗粉の発生によって、増ちょう剤の構造破壊が促進され基油が減少し、グリースの劣化は加速的に進みます。

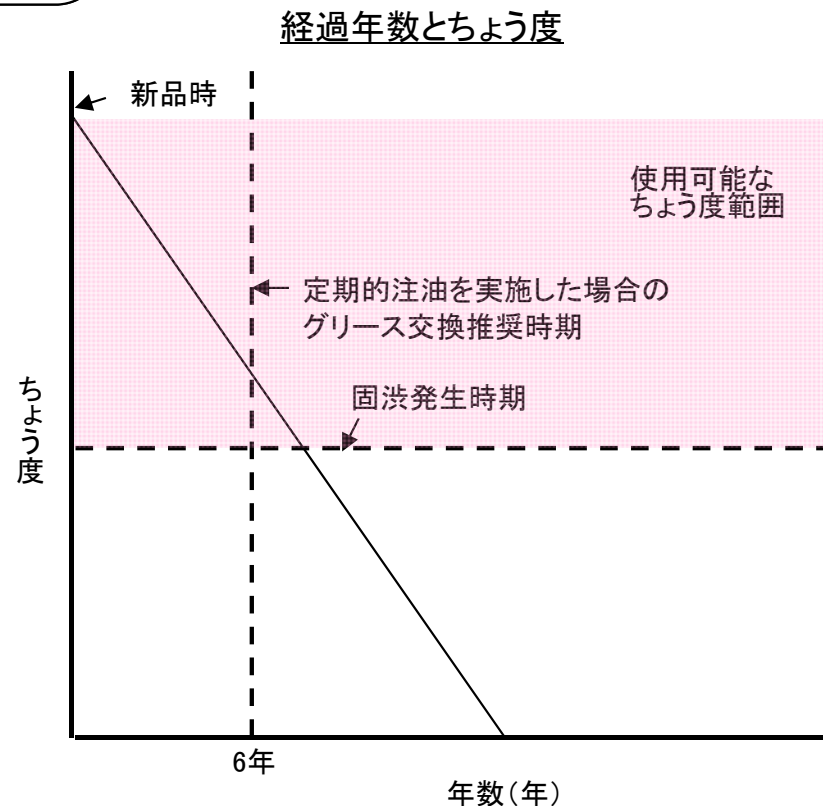
高圧真空遮断器の注油の必要性【4】

注油・グリースの交換時期

右図は、グリース塗布後の経過年数とちょう度（グリースの硬さを表す尺度。硬いほど数値が小さい）との関係を表しております。使用可能なちょう度範囲は、高圧真空遮断器の設置場所や使用環境により、かなりばらつきがあり、一般的に6年毎のグリース交換を推奨しております。

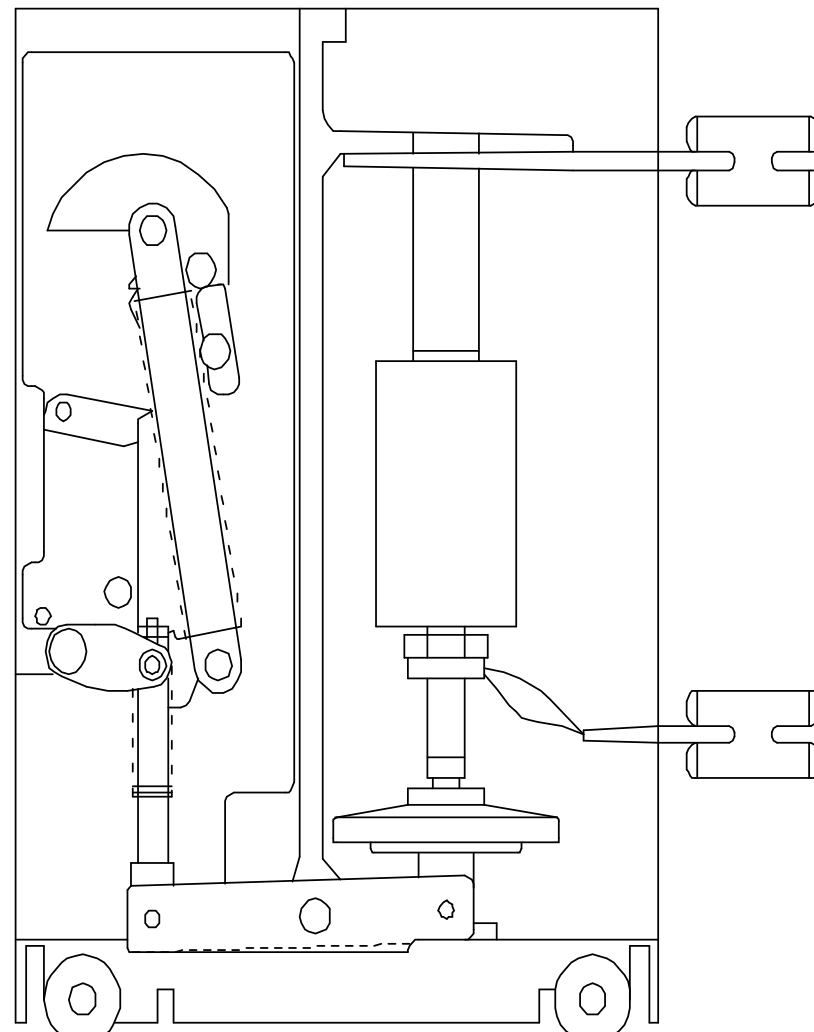
但し、一般的にグリース交換はメーカによる分解清掃や固渋したグリースの除去等が必要であり、通常は1～3年の保守・点検ごとに注油を実施頂くことをおすすめします。

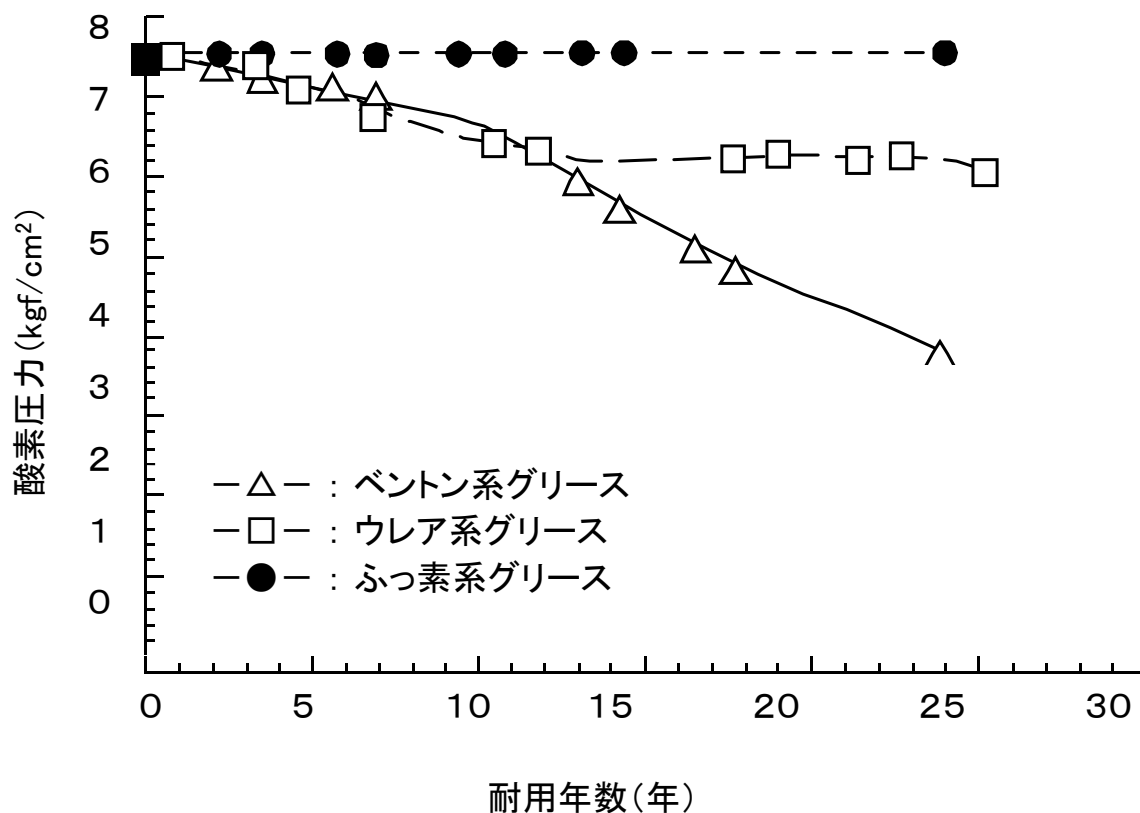
なお、多頻度開閉のものや、特殊な環境下で使用される高圧真空遮断器の場合は、点検・注油間隔を適宜狭めた運用をお願いいたします。

項　目	内　容	周　期
注　油	グリースの固化防止のため基油の補充	1～3年毎
グリース交換	ちょう度低下したグリースを取り除き、新しいグリースに交換	6年毎

注油箇所、方法および使用する油については各メーカ取扱説明書をご参照ください。

グリースアップの方法

① 投入不良などが発生した時には、
応急措置として、“追注油”を実施
してください。

② “追注油”は一時的に有効ですが、
劣化したグリースを取り除かないと
恒久的な処置にはならず再発が
懸念されますので、別途、停電を
計画し正規のグリースアップを
実施してください。

グリースレス化【1】

グリースの種類には各種あるが、ふっ素グリースがベントン系やウレア系よりも酸化安定性がよい。

グリースの酸化安定性(加速試験結果)

三菱電機技報 Vol.72-No.7(参照)

グリースレス化【2】

表　面　改　質

グリースを多量に塗布したり、気中にさらされゴミが付着しやすい歯車のような機構部品には、グリースレスの表面改質法を適用することで、メンテナンスフリー化を図った遮断器もある。

グリースレス化【3】

表面改質法の種類

【表面材料の改質】

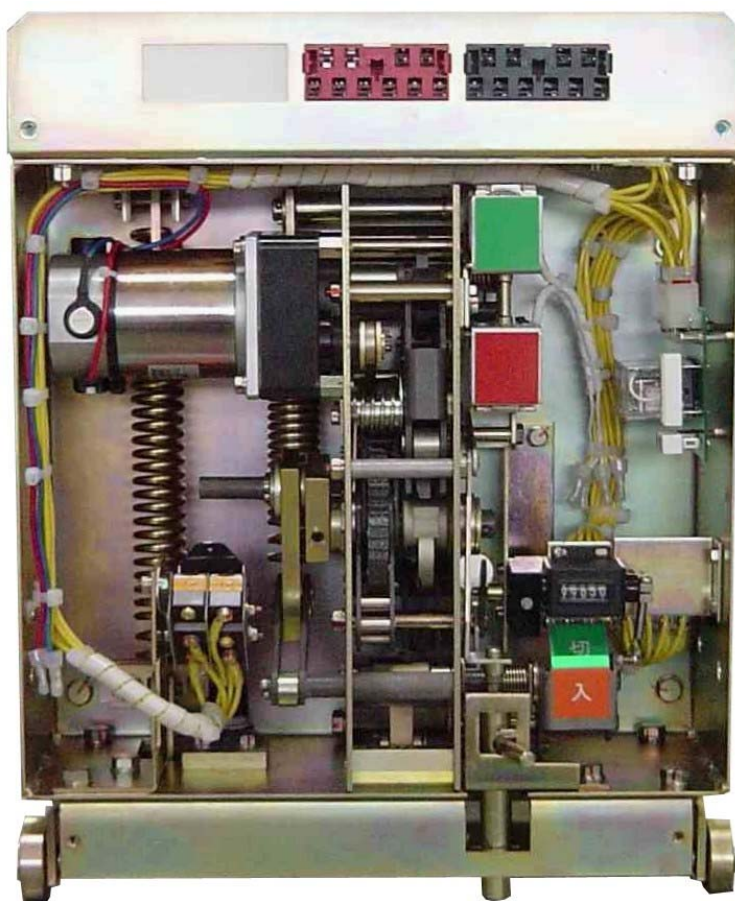
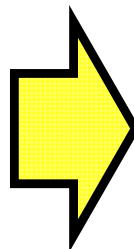
拡散処理、プラズマ処理、イオン注入等

【表面被膜】

PVD（物理蒸着）、CVD（化学蒸着）、めっき等

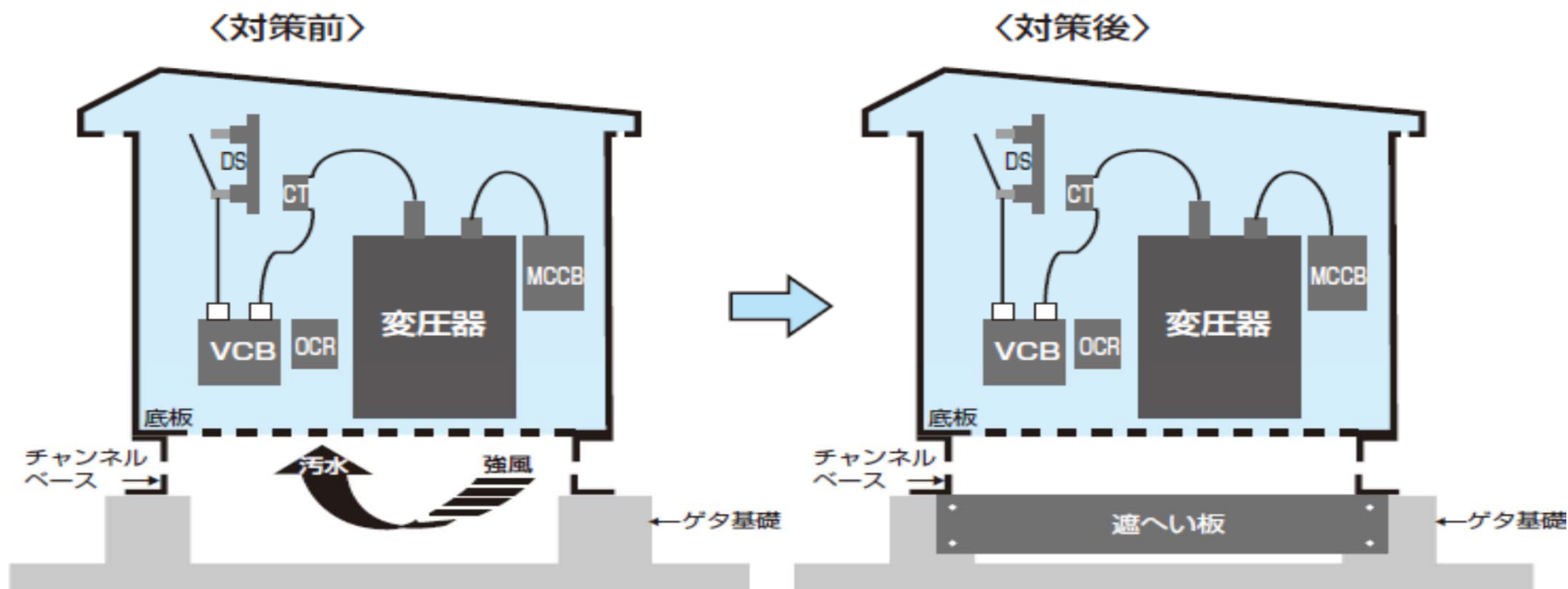
遮断器の最近の技術動向

グリース長寿命化・グリースレス化の事例

従来品

開発品

盤構造に起因する事故事例【1】

雨水・湿気による短絡事故	
設置場所	・ビルの屋上
事故状況	・風雨と湿気により、高圧真空遮断器（VCB）が絶縁低下し、短絡した。
事故原因	・盤はゲタ基礎の上に設置されており、基礎の両端が塞いでないため、下から風雨と湿気が入り、高圧真空遮断器（VCB）が絶縁低下し、短絡事故になったと思われる。
防止対策	・ゲタ基礎の両端を遮へいし、直接の風雨の侵入を防いだ。

〈対策前〉

〈対策後〉

盤構造に起因する事故事例【2】

チャンネルベース内部の雨水滞留による地絡事故	
設置場所	・首都近郊印刷工場　屋外
事故状況	・高圧真空遮断器（VCB）主回路の絶縁劣化により地絡事故となった。
事故原因	・チャンネルベース内に溜った水の蒸発による結露により、高圧真空遮断器（VCB）絶縁物表面に水分が付着したため、絶縁抵抗が低下し地絡事故となった。
防止対策	・チャンネルベース内に溜った水を排水するための排水口を追加した。 ・結露防止用として、スペースヒータを設置した。

〈対策前〉

キュービクル

絶縁劣化

チャンネルベース

風雨

滞留水

湿気

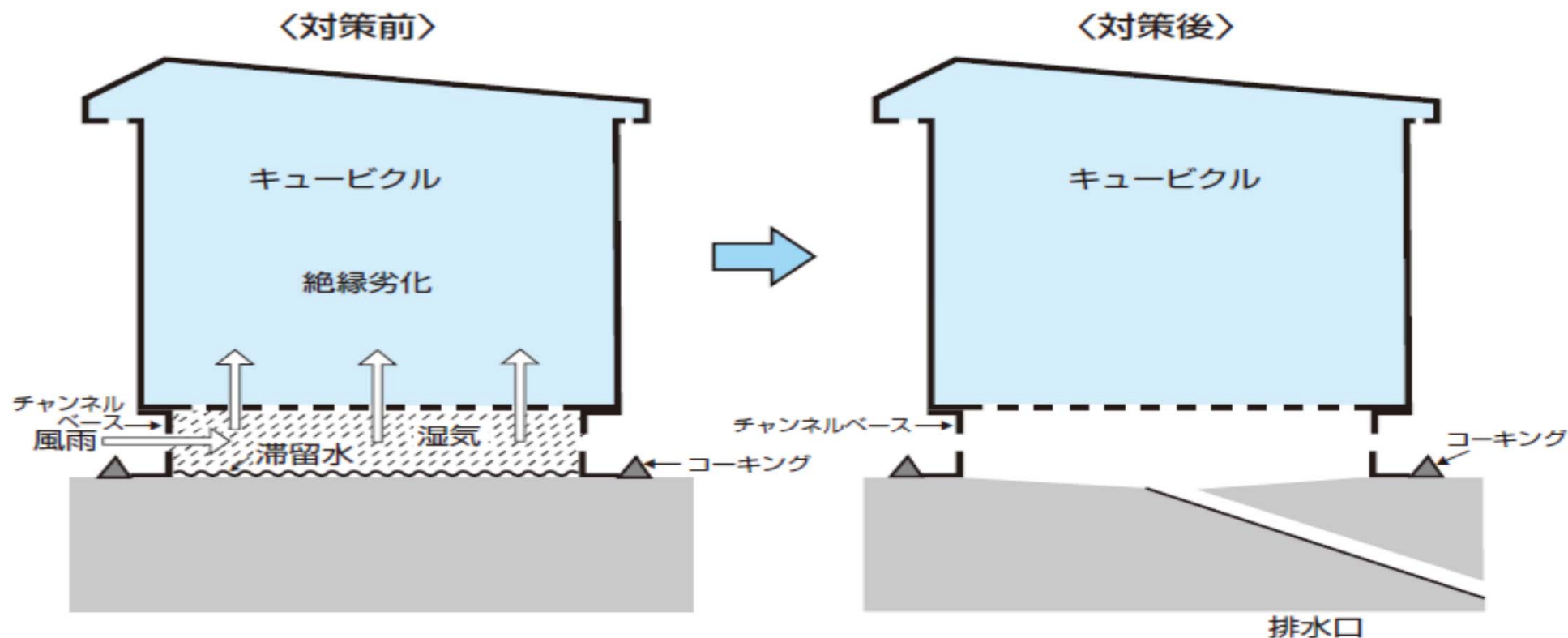
コーキング

〈対策後〉

キュービクル

チャンネルベース

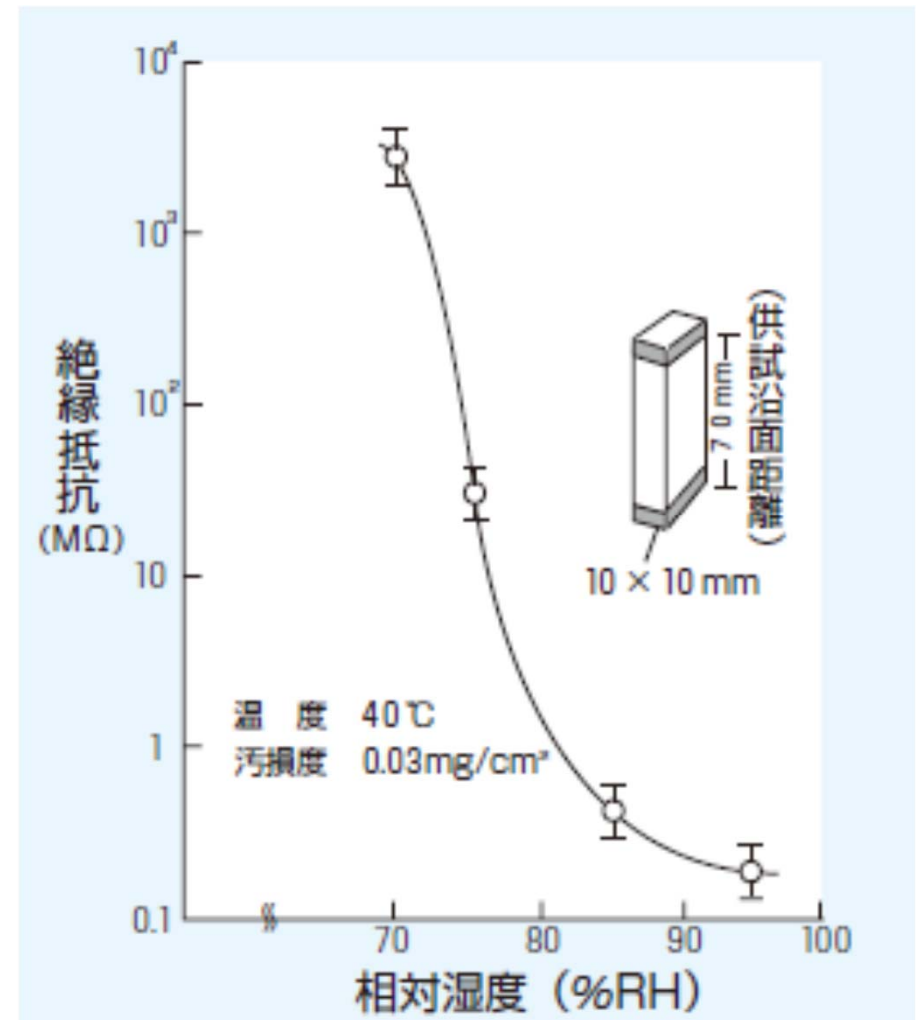
コーキング

排水口

遮断器の使用環境上の注意点【1】

湿度による影響

高湿度状態で使用した場合、特に表面（沿面）汚損と重なると絶縁劣化、腐食進展が加速される。通常の環境条件においては、相対湿度が85%以上にならないと絶縁抵抗の急激な低下は起こらない。しかし、塩分の付着などがあると相対湿度70%程度から潮解が始まるため、漏れ電流が増加して絶縁抵抗が急減する。

特に有機絶縁物においては、微少放電によって材料の一部が熱分解し、炭素が表面剥離して導電路を形成することがある（トラッキング）。右図は汚損度0.03mg/cm^{2}の絶縁物抵抗と湿度の関係についての実験結果例である。

汚損のある場合は、湿度の変化により絶縁抵抗が大きく変化することが判る。（屋内用高圧遮断器の目安は0.01mg/cm^2 未満）

図ー相対湿度と絶縁抵抗の関係

遮断器の使用環境上の注意点【2】

結露による影響

機器・機材の表面温度が盤内空気の露点以下となったとき、表面に結露が生じる。例えば、次のようなものが考えられる。

(a)外気温度の急低下によるキュービクル内壁の結露

(b)高湿度の温かい空気が盤内に流入したときの機器表面の結露

(c)絶縁物など熱容量の大きいものの温度上昇追随遅れによる結露

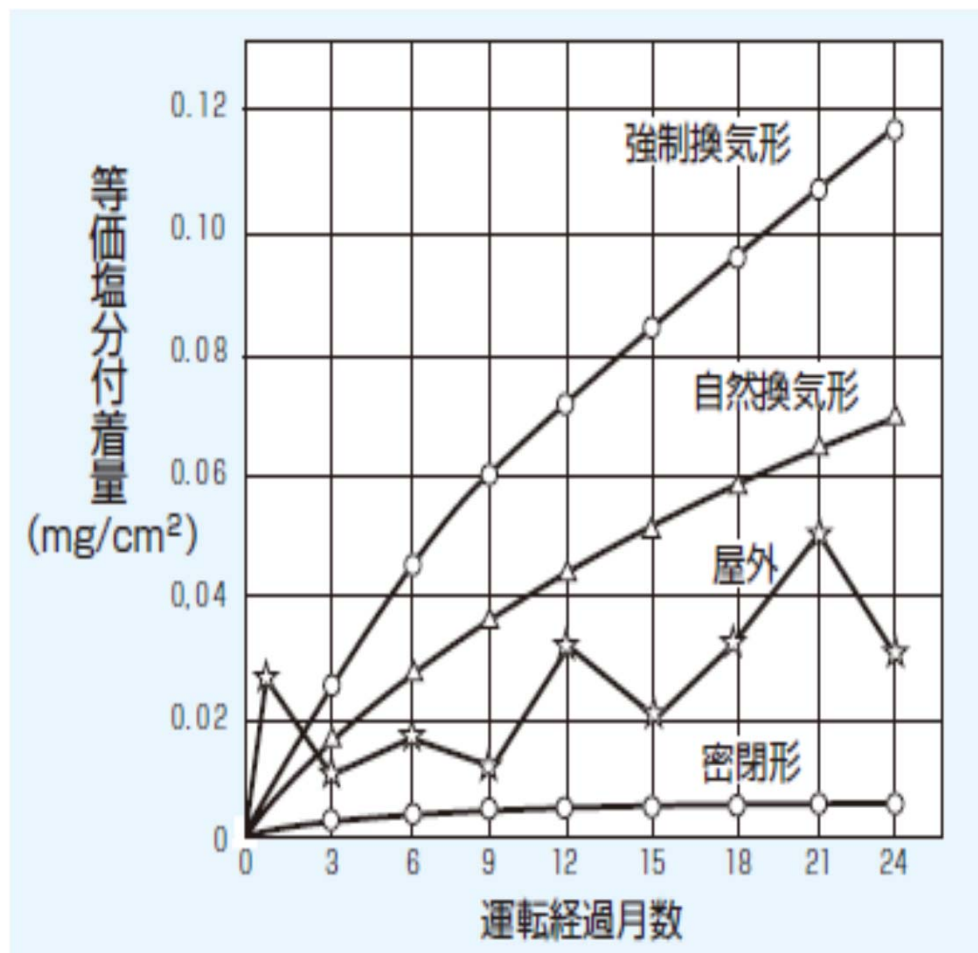
結露は、金属表面に発生すると腐食の原因となり、固体絶縁物表面に発生すると表面抵抗が低下して絶縁不良の原因となる。

結露を防止するためには、キュービクル内の湿度を低く保ち、高湿度の空気が流入しても相対湿度を下げて結露の発生を防ぐ必要がある。

遮断器の使用環境上の注意点【3】

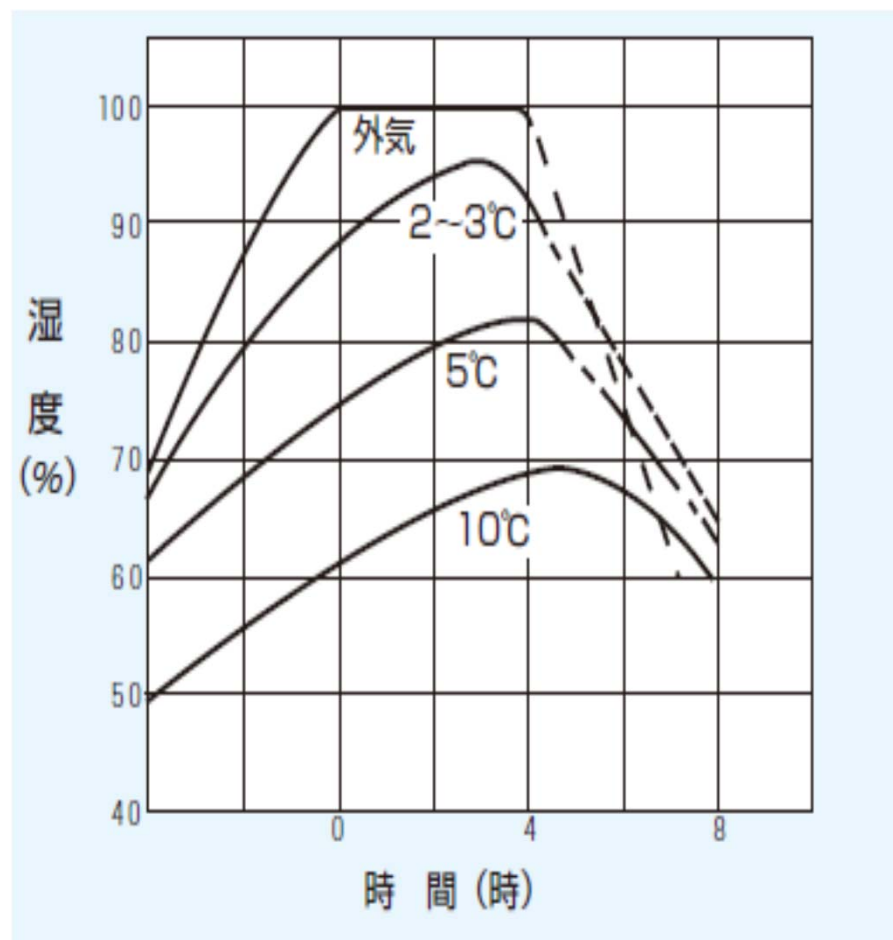
汚損による影響

キュービクル内の汚染は降雨による洗浄作用がない（屋外での比較値が低いのは、雨で洗浄されるから）ため、時間経過とともに累積する。単に汚損物質の付着だけでは直ちに不具合発生に結びつくことは少ないが、高湿度条件と重なると吸湿によって腐食や絶縁低下が促進される。右図にキュービクル構造と汚損についての測定結果例を示す。

強制換気（換気扇付きのキュービクル）が最も汚損が激しいことから注意する必要のあることが判る。（屋内用高圧遮断器の粉じんの目安は$2mg/m^3$以下）

図ー閉鎖配電盤の形による累積汚損量

遮断器の使用環境上の注意点【4】

スペースヒータの効果

右図にスペースヒータによってキュービクル内温度を外気に対して高めたときの湿度低減効果の測定例を示す。
この図は深夜から早朝にかけてのキュービクル内湿度の変化をスペースヒータの容量（温度上昇値）をパラメータに示したもので、午後8時から翌日の午前10時までのデータである。高圧遮断器（屋内用）の標準使用状態での湿度は45%～85%に規定されており、外気が100%の状態になっても、キュービクル内を85%以下に保つためには、5℃程度の温度上昇が必要で、キュービクル内発熱量が不足するときは、湿度対策としてスペースヒータを追加すれば、有効となることが判る。

図ー外気湿度100%持続時間に対する箱内湿度の変化

遮断器使用時のワンポイントアドバイス【1】

1. 湿気

湿気が多い場所では、絶縁性能が低下するおそれがあります。特に、汚れに水分が付着した場合は、事故につながり易くなりますので十分な清掃が必要です。

2. ガス

硫化水素があるところでは銀メッキが変色し接触抵抗が増加する危険性があります。このため通電性能(主回路、制御回路とも)をしっかり確認する必要があります。

遮断器使用時のワンポイントアドバイス【2】

1. 排気ガス

排気ガスが多い場所では、汚れが激しくなり絶縁性能が低下することがあります。したがって、事故防止のためには、十分な清掃と湿度管理が必要です。

2. サージ対策

遮断器単体を更新（MBB/OCB→VCB）する場合、周辺機器の絶縁性能が低下している場合があるため、遮断器を更新する場合はサージ対策を検討してください（メーカへ問い合わせ下さい）。

安 全 確 認

① 主回路及び制御電源が完全に落ちているかを確認する。

② 遮断状態でバネ(投入バネ、遮断バネ)が放勢していることを確認する。

遮断器の絶縁抵抗値

制御回路	主回路
500V絶縁抵抗計	1000V絶縁抵抗計
2MΩ以上	500MΩ以上

遮断器の更新推奨時期

遮断器の更新推奨時期

使用開始後　20年

又は

規定開閉回数[1)]

1)　製造業者のカタログ及び取扱説明書で公表されている機械的・電気的開閉寿命回数又は使用者と製造業者との合意による開閉寿命回数。

（出典/JEM-TR 174高圧交流遮断器の保守・点検指針）

ご静聴

ありがとうございました。

ご質問などの受付連絡先

一般社団法人日本電機工業会
技術部技術課

TEL:03-3556-5884